

바이오숯과 백색부후균을 이용한 유기성폐기물의 효율적 퇴비화

유장연 · 알핀 이마누엘* · 김억조** · 장재수*** · 고성철***,†

한국해양과학기술전문대학원 해양과학기술융합학과 · *한국해양대학교 대학원 토목환경공학과

㈜영동엔지니어링 · *한국해양대학교 환경공학과

(2017년 2월 21일 접수, 2017년 5월 22일 수정, 2017년 5월 29일 채택)

Efficient Composting of Organic Wastes using Biochar and White Rot Fungus

Jangyeon Yoo · Emmanuel S. Aalfin* · Eok-Jo Kim**

Jae-Soo Chang*** · Sung-Cheol Koh***,†

Department of Convergence Study on Ocean Science and Technology, Korea Institute of Ocean Science and Technology

**Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University*

***Young Dong Engineering, Inc.*

****Department of Environmental Engineering, Korea Maritime and Ocean University*

(Received 21 February 2017 : Revised 22 May 2017 : Accepted 29 May 2017)

Abstract

Spent coffee grounds, activated sludge, chicken manure, and agricultural waste-derived biochar were used to manufacture eco-friendly and functional compost via the bioaugmentation of white rot fungus and plant growth that promotes beneficial microorganisms. Six lab-scale composting reactors were established to perform composting. After composting was completed over 45 days, the composts were analyzed for major elements, physico-chemical characteristics, compost maturity, and compost effectiveness on crop growth and quality. Concentrations of T-N and PO_4^{3-} significantly increased in the composts that had been amended with biochar and/or white rot fungus compared to the control, while those of NO_3^- -N, TOC and TOC/T-N had significantly decreased, indicating the occurrence of effective composting. Besides, the germination indices of these composts were also generally higher than the control by 10-34%, indicating that the composts were mature. The four composts amended with biochar and/or white rot fungus (TR-3, TR-4, TR-5, TR-6) also appeared to stimulate more growth in lettuce compared to commercial organic fertilizers (by 36-104%). Besides, composts TR-3 and TR-4 respectively enhanced DPPH scavenging activity in lettuce leaves by 58% and 49%, while TR-4 and TR-5 respectively enhanced the total phenolic content (TPC) by 44% and 37%. This implies that the amendment of biochar and the bioaugmentation of white rot fungus could facilitate the composting process for the production of quality functional compost that is able to enhance the antioxidant content in crops. Quality composts could better compete with the commercially available fertilizers in the market, leading to the eco-friendly recycling of organic wastes such as spent coffee grounds, sludge, chicken manure, and agricultural waste.

Key Words : Composting, Spent coffee ground, Biochar, White rot fungus, Antioxidants

†Corresponding author
E-mail : skoh@kmou.ac.kr

Tel : 051-410-4418

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

I. 서 론

커피는 전 세계적으로 원유다음으로 가장 많이 생산되고 유통되는 생활품목으로¹⁾, 열매를 음용커피로 가공하는 과정 중에 많은 부산폐기물을 생성한다. 특히 건조된 커피열매로부터 발생하는 부산폐기물은 커피열매 껍질(coffee husks)이 주로 차지하여 커피열매의 약 45%를 차지한다. 이 껍질폐기물은 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 단백질, 당(만노스 및 갈락토스 등), 클로로지닉산 및 폴리페놀과 같은 유용한 영양성분을 지니고 있어서 양질의 퇴비를 제조하기에 적절한 원료로 사용될 수 있다^{2,3)}. 또한, 커피를 용출한 후 생성되는 커피박은 전 세계적으로 가장 많이 발생하는 폐기물로서 양질의 퇴비의 원료로 활용될 수 있다⁴⁻⁵⁾. 따라서 이 양질의 폐기물을 재활용할 경우 경제적, 환경적 잇점이 있는 것으로 판단되어 최근에 연구가 진행되기 시작하고 있으나⁶⁾ 이를 대규모로 상업적으로 활용한 사례는 없는 실정이다. 계분은 다양한 영양성분(유기물, 질소, 인, 마그네슘; 구리, 망간 및 붕소 등의 미량원소)을 함유하고 있어서 적절히 가공될 경우 매우 우수한 상용유기질 비료의 제조가 가능하다. 국내에서는 총산란계의 계분발생량은 2013년 경우 7,815톤/일에 이르고 있으나 이를 환경친화적으로 처리할 시설은 거의 없는 실정이다⁷⁾. 2014년도의 식품 및 음료산업계의 BOD 발생 부하량(702톤/일)은 전 산업의 BOD 발생 부하량(2,411톤/일)의 29.1%를 차지하여 가장 높은 수준이었다⁸⁾. 식품 사업장에 발생되는 폐수처리오니와 공정오니는 90,546톤/년으로 그 처리방법은 해양배출이 51%로 가장 높은 비율이었고, 퇴비화 43%로 나타났다. 그러나 퇴비화의 경우 호기성 퇴비화에 의한 부숙도로의 재활용되지 않고 녹생토나 지렁이 분변토 등으로 사용되어 자원순환의 효율을 현저히 저하시키고 있는 실정이다⁹⁾. 일반적으로 하수슬러지 처리비용은 하수처리장 총 운영경비의 약 60%를 차지하며, 향후 매립 및 소각비용의 상승과 규제의 강화로 그 비용은 지속적으로 상승하고 있으므로 이를 재활용할 수 있는 기술의 개발이 시급하다. 퇴비화과정 중에 바이오슬트를 첨가할 경우 퇴비진행시간을 단축하거나¹⁰⁾ 악취를 제거할 수가 있다. 계분-바이오슬트 혼합물을 퇴비화할 경우 폴빅산에 비해 부식산의 생성을 보다 촉진하였으며 최종퇴비제품에서의 질소함량의 감소를 억제하였다¹¹⁻¹²⁾. 또한, 토마토줄기와 계분의 혼합물에 바이오슬트를 첨가하여 퇴비화할 경우 고온기에 이르는 시간을 단축하였으며 고온기를 더 연장하는 효과를 나타냈다. 소량의 바이오슬트(4%)를 올리브유생산 폐기물과 양의 분뇨가 혼합물에 첨가하여 퇴비화할 경우 N 성분을 15% 정도

유실을 방지하였고 N_2O 의 방출에 영향을 주지 않고 NO_3^- 이용율을 증가시킬 수 있음이 밝혀졌다¹³⁾. 부후균은 분해자 역할을 하는 미생물 중 하나로 라카아제 및 셀룰라제 분해효소를 분비하여 난분해성의 리그닌과 셀룰로오스를 분해하여 토양의 비옥도를 향상시키는 부식물질의 형성을 촉진한다. 부후균을 첨가함으로써 흡수가 용이하지 않는 바이오슬트의 탄소 고분자들을 분해하여 토양 영양소의 농도를 높여 작물의 성장 증가를 기대할 수 있다¹⁴⁾. 본 연구에서는 커피박, 계분 및 식품폐수 슬러지를 퇴비화 기질로 이용하고 바이오슬트와 부후균을 퇴비화의 촉진제로 사용하며 퇴비의 후숙단계에 기능성미생물인 식물성장미생물을 증강(bio-augmentation)하여 기능성퇴비를 제조하고 이의 실질적인 효능을 검증하고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

커피박은 부산광역시 영도구 소재 커피전문점에서 채취 후 자연건조를 하였다(수분함량 40~50%). 커피박의 성분분석 결과 탄소 53.2%, 총질소 2.1%, 셀룰로오스 11.8%, 총 리그닌 23.4%, 다당류 23.2%, Ca 0.067%, Mg 0.013%, K 0.022% 그리고 Na 0.043%로 나타났다. 슬러지는 부산시 소재 식품재료산업체 A사의 하수처리장의 반송슬러지(MLSS, 8,000 mg/L)를 이용하였으며, 계분(수분함량 40%)은 양산시 소재 계란생산 및 판매회사 B사로부터 공급받았다. 경북 군위군의 C농원에서 공급받은 토마토 줄기는 105°C에서 2시간 건조한 후 바이오슬트의 제조를 아래와 같이 실시하였다. 바이오슬트의 제조는 80°C 조건에서 6시간 동안 건조한 후 C300화덕(Nabertherm사, Germany)을 이용하여 다양한 열분해온도(400°C, 450°C, 500°C 및 550°C)에서 3시간 동안 질소가스를 주입하면서(2,500 cm³/min)열분해 목표 온도까지 10°C/min의 온도증가율로 저속으로 온도를 증가시켰다. 여기서 수율이 가장 높게 나타난 450°C에 제조된 바이오슬트를 실험에 사용하였다. 제조된 바이오슬트의 공극(pore size)측정과 BET 비표면적은 Micrometrics사(USA)의 3Flex & TriStar 3020 모델을 사용하여 측정하였다.

2. 퇴비의 제조

우선 퇴비화의 기본기질로 커피박, 계분, 식품폐수슬래 슬러지 및 농산폐기물 유래 바이오슬트 등을 사용하고 부후균(WRF-3)를 퇴비화촉진 미생물로 활용하여